

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ПАН ЖГУТОВ В ПЕЧИ ВУЛОН В ЦЕЛЯХ ПОЛНОГО ИСКЛЮЧЕНИЯ ИХ ПЕРЕЖОГА

Исаев А.С.

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет
МИСиС», г. Москва, Россия

В современном производстве углеродные волокна широко используются во всех отраслях промышленности. Себестоимость производства углеродных волокон весьма высока, причем основной статьей затрат являются затраты на энергопотребление. Более 70 % от общего расхода энергии расходуется на первом этапе термообработки (термостабилизации) исходных ПАН жгутов.

Для совершенствования режима термостабилизации ПАН жгутов в печи ВУЛОН был разработан режим, позволяющий при рациональном энергопотреблении получить качественный полупродукт с полным исключением его пережога. Полученный режим разработан с помощью программы, реализующей математическую модель процесса термостабилизации в печи ВУЛОН [1].

Ключевые слова: термостабилизация, углеродные волокна, ПАН жгуты, сокращение энергозатрат, ВУЛОН.

Carbon fibers are widely used in all modern industries. Carbon fibers net cost is very high mainly due to energy consumption cost. First stage of PAN harnesses heat treatment (heat setting) consumes more than 70 % of total energy consumption.

A mode that allows getting high-quality intermediate product with completely elimination of burnout was developed in order to improve PAN bundles thermal stabilization mode in VULON furnace. This mode was developed using program that implements a mathematical model of heat setting process in VULON furnace.

Keywords: thermal stabilization, carbon fibers, PAN harnesses, reducing energy consumption, VULON.

Углеродные волокна являются одним из основных видов армирующих элементов, применяемых при создании композиционных материалов. Для их производства используются различные полимерные волокна, чаще всего полиакрилонитрильные (ПАН волокна). Себестоимость производства УВ весьма высока, причем основной статьей затрат являются затраты на энергопотребление. Существующая технология производства УВ состоит из трех последовательных стадий термообработки исходного волокна: термостабилизации, карбонизации и графитации. После термостабилизации нити полимерного волокна приобретают структуру, необходимую для получения требуемого качества УВ. После карбонизации они приобретают прочность, а после графитации – упругость. Стадия термостабилизации является наиболее продолжительной по времени и энергоемкой (более 70 % от общего расхода энергии на трех стадиях). Таким образом, целесообразно сокращать энергозатраты на производство УВ, уменьшая их на стадии термостабилизации, совершенствуя для этого конструкцию и режим работы печи. При этом необходимо получить на выходе из печи жгуты с завершенными физико-химическими превращениями. В противном случае не удастся после карбони-

зации получить углеродные волокна требуемого качества. В связи с этим в настоящее время актуальной является проблема повышения энергоэффективности печей термостабилизации при сохранении качества получаемых углеродных волокон.

Ранее в работе [2] был разработан режим термостабилизации ПАН жгутов в печи ВУЛОН – режим № 1, позволяющий существенно сократить энергозатраты. Однако при реализации данного режима отсутствует запас рабочего пространства печи для завершения структурных преобразований в жгуте. В связи с этим при малейшем отклонении от заданного режима существует риск либо незавершенности процесса термостабилизации, либо пережога обрабатываемого материала в последнем канале. Первый вариант является неприемлемым относительно качества получаемых углеродных волокон, второй вариант – относительно энергоэффективности, так как в таком случае обрабатываемые ПАН жгуты подлежат утилизации. Данный режим является экономичным, но рискованным. Динамика процесса при реализации указанного режима представлена на рис. 1.

В целях исключения пережога и гарантированного завершения физико-химических превращений в пределах рабочего пространства печи был разработан новый режим – режим № 2, который предусматривает завершение процесса удаления примесей в конце восьмого канала. При этом девятый канал выполняет функции резервной зоны, в которой, в частности, можно подогреть жгут до необходимой температуры на выходе из печи. В целях исключения возможности пережога волокна вдвое по сравнению с режимом № 1 увеличили расход воздуха. Результаты расчета представлены на рис. 2 и рис. 3.

Таким образом, реализуя данный режим, достигается определенный запас рабочего пространства и времени для гарантированного получения полупродукта требуемого качества при максимальной производительности печи. Для нагрева жгута по данному режиму необходимо обеспечить распределение мощности на нагревателях, указанное в таблице.

Расчетные мощности нагревателей в каналах печи ВУЛОН

№ канала	Мощности на нагревателях, Вт					
1	123	1	123	1	123	1
2	360	2	360	2	360	2
3	343	3	343	3	343	3
4	240	4	240	4	240	4
5	280	5	280	5	280	5
6	180	6	180	6	180	6
7	210	7	210	7	210	7
8	250	8	250	8	250	8
9	260	9	260	9	260	9
Общая мощность, подаваемая на печь, кВт						25,9

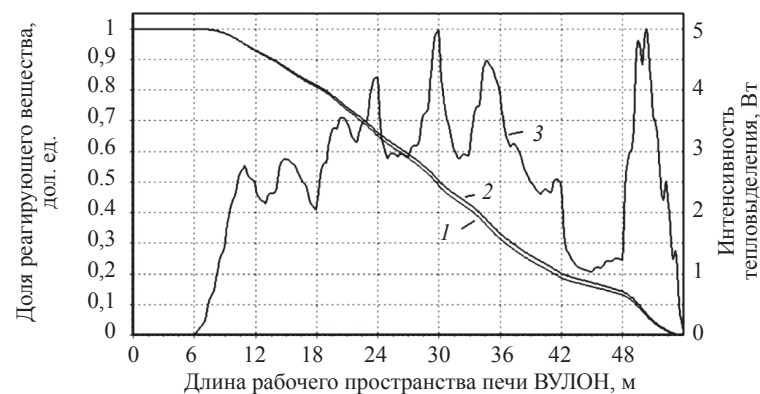


Рис. 1. Изменение концентрации реагента и интенсивности тепловыделения жгута при его нагреве в печи ВУЛОН по режиму № 1:
1 – концентрация реагента в центре жгута; 2 – концентрация реагента на поверхности жгута; 3 – интенсивность тепловыделения

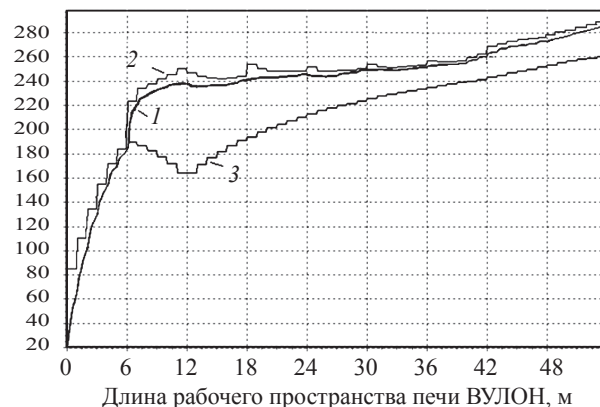


Рис. 2. Температурный режим в рабочем пространстве печи ВУЛОН при нагреве жгута по режиму № 2:
1 – температура жгута; 2 – температура нагревателя; 3 – температура воздуха печи

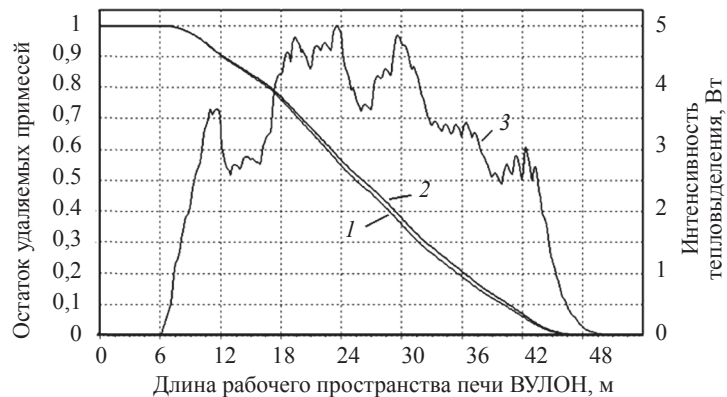


Рис. 3. Изменение концентрации реагента и интенсивности тепловыделения жгута при его нагреве в печи ВУЛОН по режиму № 2:
1 – концентрация реагента в центре жгута; 2 – концентрация реагента на поверхности жгута; 3 – интенсивность тепловыделения

При работе по режиму № 1 энергозатраты на процесс термостабилизации на 30 % ниже по сравнению с режимом № 2 [2], однако, реализуя режим № 2, мы получаем запас рабочего пространства и времени для полного завершения физико-химических превращений в обрабатываемом волокне. Из анализа литературных данных [3, 4] следует, что производство исходных ПАН жгутов не может обеспечить постоянство химических свойств. Следовательно, характер тепловыделений в процессе термообработки может отличаться. В таком случае, в целях обеспечения завершенности физико-химических превращений, наличие запаса времени в печи термостабилизации является обязательным условием для минимизации выхода брака и, соответственно, повышения энергоэффективности.

Список использованных источников

1. А.С. Исаев, И.А. Левицкий, Г.С. Сборщиков. Численное исследование процесса термостабилизации ПАН жгутов в печи ВУЛОН // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – № 5. – 2012. – С. 63-67.
2. Исаев А.С., Сборщиков Г.С. Разработка эффективного режима термостабилизации ПАН жгутов в печи ВУЛОН // Химические волокна. – № 5. – 2012. – С. 55–59.
3. Устинова Т.П. ПАН волокна: технология, свойства, области применения / Т.П. Устинова, Н.Л. Зайцева: Курс лекций. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2002. – 40 с.
4. Подкопаев С.А. Структура, свойства и технология получения углеродных волокон. Сборник научных статей. – Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2006.